

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2010

MILOSLAVA REKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**VLIV STRUKTURY VZORKU NA MĚŘENÍ
PAROPROPUSTNOSTI DLE NORMY ISO 11092**

**THE EFFECT OF THE SURFACE TEXTURE ON
THE DETERMINATION OF WATER VAPOUR
PERMEABILITY OF FABRICS ACCORDING TO
THE ISO 11092**

Miloslava Reková

KHT - 707

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

Rozsah práce:

Počet stran textu ...33

Počet obrázků29

Počet tabulek1

Počet grafů5

Počet stran příloh..4

Zadání:

1. Uveďte přehled termofyziologických vlastností textilií a způsobů jejich hodnocení, včetně vysvětlení základních vztahů. Detailně popište související normu ISO 11092.
2. Opatřete vzorky tkanin resp. úpletů za 100% PP, PES a bavlny o podobné plošné hmotnosti kolem 200 g/m^2 a to jak s hladkým povrchem, tak s povrchem žebrovým nebo jinak strukturovaným. U všech vzorků stanovte povrchovou drsnost (profil) pomocí přístroje KES instalovaného na Katedře oděvnictví. Diagramy povrchových charakteristik i fotografie povrchu všech vzorků přiložte k práci.
3. Stanovte zejména výparný a dle možností i tepelný odpor všech zmíněných vzorků na přístroji PERMETEST klasickým způsobem, a poté postupem, kdy se zmíněné odpory stanovují pro dvojitou vrstvu textilií. Referenční krok při měření se zde pak vztahuje na měření s jednou textilní vrstvou.
4. Výsledná měření vyhodnoťte statisticky a poté vzájemně porovnejte hodnoty výparného a tepelného odporu stanovené běžným postupem a postupem založeným na použití dvou textilních vrstev.
5. Nalezené rozdíly se pokuste vysvětlit z hlediska rozdílného charakteru tepelných mezních vrstev při obou použitých měřících postupech, a učiňte závěry týkající se použitelnosti normy ISO 11092 k měření na textiliích s nerovným povrchem.

Literatura: Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum TUL-FT, 2005

Kuneš J. a kol. : Tepelné bariéry, Academia 2003

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 3.5.2010

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla vyslovit poděkování mé rodině a všem ostatním, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

Mé poděkování také patří panu Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc., za vedení mé bakalářské práce, za podnět k zajímavému tématu, za jeho připomínky a trpělivost.

Dále bych ráda poděkovala Doc. Ing. Tomáši Vítovi, Ph.D., za odbornou konzultaci k mé práci.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem struktury vzorku při jednoduchém a dvojitým měření dle normy ISO 11092 na přístroji PERMETEST.

KLÍČOVÁ SLOVA:

PERMETEST

výparný odpor

dvojité měření

ISO 11092

ANNOTATION

This bachelor work is concentrated on some influence on texture of a material piece by simple and double measuring according to the norm ISO 11092 on the apparatus PERMETEST.

KEY WORDS:

PERMETEST

vater-vapour resistance

duple measure

ISO 11092

OBSAH:

ÚVOD	10
TEORETICKÁ ČÁST	11
1 Termofyziologické vlastnosti textilií	11
1.1 Mechanické a kontaktní vlastnosti textilních výrobků	11
1.2 Termofyziologický komfort.....	11
1.3 Termoregulace	12
1.3.1 Kondukce	12
1.3.2 Konvekce (přenos tepla prouděním) a Reynoldsovo číslo	13
1.3.3 Radiace.....	15
2 Hodnocení termofyziologického komfortu textilií	15
2.1 Měření pomocí přístroje PERMETEST.....	16
2.2 Výpočet termofyziologických vlastností z naměřených hodnot.....	17
2.2.1 Relativní propustnost pro vodní páry a výparný odpor	17
2.2.2 Tepelný odpor	18
2.3 Popis normy ISO 11092.....	18
2.3.1 Podstata	18
2.3.2 Zkušební zařízení	19
2.3.3 Zkušební prostor	20
2.3.4 Zkušební vzorky	21
2.3.5 Postup zkoušky	21
2.3.6 Instalace zkušebních vzorků na měřicí jednotku	22
2.3.7 Měření tepelného odporu R_{ct}	22
2.3.8 Měření výparného odporu R_{et}	23
2.3.9 Shodnost výsledků	24
2.3.10 Protokol o zkoušce.....	24
2.4 Popis nové metody měření na přístroji PERMETEST	25
2.5 Povrchové vlastnosti vzorků a přístroj KES	28
PRAKTICKÁ ČÁST	29

3	Popis vzorků a jejich povrchová drsnost	29
3.1	Vzorek 1-1	30
3.2	Vzorek 1-2	30
3.3	Vzorek 1-3	31
3.4	Vzorek 2-1	32
3.5	Vzorek 2-2	32
3.6	Vzorek 3-1	33
3.7	Vzorek 3-2	34
4	Porovnání výsledků měření získaných standartní a dvojitou metodou na přístroji PERMETEST.....	35
4.1	Výparný odpor bavlněných vzorků.....	36
4.2	Výparný odpor polyesterových vzorků.....	36
4.3	Výparný odpor polypropylenových vzorků.....	37
4.4	Výparný odpor hladkých vzorků	37
4.5	Výparný odpor strukturovaných vzorků	38
4.6	Řešení problematiky	39
	Závěr	43
	Seznam použité literatury:	44
	Seznam příloh:	45

Seznam použitých symbolů a značek:

f_s	[-]	koeficient tření
D_f	[-]	drsnost povrchu
h	[mm]	tloušťka
S	[-]	stlačitelnost
b	$[W \cdot m^{-2} / K^1 \cdot s^{1/2}]$	tepelná jímavost
ε	[%]	roztažnost
B	$[10^{-7} \cdot N \cdot m^{-2}]$	ohybová tuhost
G	$[g \cdot m^{-2}]$	smyková tuhost
F	$[N/m^2]$	dynamická síla
a	$[m/s^2]$	zrychlení
m	[kg]	hmotnost
R_{ct}	$[m^2 \cdot K/W]$	tepelný odpor vzorku
R_{et}	$[m^2 \cdot Pa/W]$	výparný odpor vzorku
R_{ct0}	$[m^2 \cdot Pa/W]$	konstanta přístroje pro měření tepelného odporu
R_{et0}	$[m^2 \cdot Pa/W]$	konstanta přístroje pro měření výparného odporu
A	$[m^2]$	plocha měřicí jednotky
t_a	$[^{\circ}C]$	teplota vzduchu ve zkušebním prostoru
t_m	$[^{\circ}C]$	teplota měřicí jednotky
t_s	$[^{\circ}C]$	teplota tepelného chrániče
r. v.	[%]	relativní vlhkost
H	[W]	výhřevnost dodávaná měřicí jednotce
ΔH_c		korekce pro výhřevnost při měření R_{ct}
ΔH_e		korekce pro výhřevnost při měření R_{et}
p_m	[Pa]	parciální tlak vzduchu vodní páry na povrchu měřicí jednotky při teplotě t_m
p_a	[Pa]	parciální tlak vodní páry ve vzduchu ve zkušebním prostoru při teplotě vzduchu ve zkušebním prostoru t_a
v_a	$[m^2]$	rychlost proudění vzduchu nad povrchem zkušebního vzorku

α_c	[W/m ² .K]	koeficient přestupu tepla
d	[m]	průměr potrubí
v	[m/s]	průměrná rychlost proudění
ρ	[kg/m ³]	hustota tekutiny
η	[Pa. s]	dynamická viskozita tekutiny
ν	[m ² /s]	kinematická viskozita tekutiny
R_{tot}	[m ² .Pa/W]	výsledný výparný odpor
R_{mv}	[m ² .Pa/W]	výparný odpor mezní vrstvy
λ	[-]	součinitel tření
k	[μ m]	drsnost
d	[m]	průměr
q_v	[W/m ²]	plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavicí nezakrytou měřeným vzorkem
q_0	[W/m ²]	je plošná hustota tepelného toku procházející měřicí hlavicí zakrytou měřeným vzorkem
p	[%]	je relativní propustnost pro vodní páry [%]

ÚVOD

V textilním průmyslu je mnoho norem pro sjednocení hodnocení komfortu textilií. Normy byly sestaveny z důvodu potřeby nového hodnocení a normování nových vlastností komfortu. Tato bakalářská práce se zabývá normou ISO 11092, vydanou v roce 1993, která nese název: „Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)“. Kvůli potřebě nákladného zkušebního zařízení a pochybnostem o přesnosti měření podle ISO 11092 byla na Fakultě textilní Technické univerzity v Liberci proto vytvořena vlastní interní norma, založená na dostupnějším zařízení. Zmíněná nepřesnost měření se týká zejména měření na hrubých vzorcích. Při původním vývoji normy ISO 11092 bylo použito pouze vzorků s hladkým povrchem, na které tato norma může být bez problémů aplikována. Při měření na textiliích s hrubým povrchem by dle názorů pracovníků fakulty mohly vznikat jisté odchylky.

Tato práce se zabývá měřením výparného odporu na hladkých a hrubých vzorcích. Měření je realizováno pomocí přístroje PERMETEST, který umožňuje měření velmi blízké postupu dle ISO 11092. Tepelný odpor R_{et} se stanoví tak, že tepelný odpor mezní vrstvy vzduchu nad povrchem zkušebního zařízení se odečte od odporu zkušebního vzorku a vzduchové vrstvy. Zároveň tato práce navazuje na výzkum Ing. Letkové v její diplomové práci, kde se v jedné části zabývá dvojitým měřením výparného odporu. Dvojité neboli diferenční měření je založeno na změření jedné vrstvy v referenční fázi a poté dvojitě vrstvy textilie ve fázi hlavního měření. Zejména u hrubých vzorků by měla tato metoda být přesnější.

Bylo vybráno 6 vzorků (3 hladké a 3 drsné) a na nich bude měřen výparný odpor jak jedné vrstvy, tak dvojitě měření, které by mohlo konkurovat normě ISO 11092 nebo dokonce i toto dvojitě měření by mohlo být zavedeno jako standardní postup pro měření na přístroji PERMETEST. Mohlo by to i podmínit vznik nové normy pro měření výparného a tepelného odporu.

V práci jsou také zobrazeny povrchové vlastnosti vzorků.

TEORETICKÁ ČÁST

1 TERMOFYZIOLOGICKÉ VLASTNOSTI TEXTILÍ

1.1 MECHANICKÉ A KONTAKTNÍ VLASTNOSTI TEXTILNÍCH VÝROBKŮ

Máme celkem 8 vlastností, které můžeme zhodnotit pouhým hmatem ruky. Jde o: koeficient tření f_s , drsnost povrchu D_f , tloušťka h , stlačitelnost S [-], tepelná jíímavost b , roztažnost ε , ohybová tuhost B , smyková tuhost G . Nás z těchto vlastností bude zajímat zejména povrchová vlastnost - drsnost povrchu, kterou jsme naměřili na přístroji KES.[1]

Vlastnosti textilií a sil ovlivňující komfort textilií lze rozdělit na mechanické, termofyziologické, fyzikálně - optické a biochemické. Lze k nim přiřadit i akustické a pachové vlastnosti. Při nošení oděvu se projevují jak síly statické, tak deformační třecí a tlakové.[1]

Při pohybu vzniká dynamická síla F [N/m^2] definovaná zrychlením a hmotností.[1]

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

1.2 TERMOFYZIOLOGICKÝ KOMFORT

Termofyziologický komfort je stav tepelné pohody při normálním prokrvení organismu, kdy nedochází k pocení, ani nenastává pocit chladu. Je to stav fyziologický, psychologický a fyzikální harmonie mezi člověkem a okolím.[1]

Termofyziologický komfort nastává za těchto podmínek:

- teplota pokožka 33 - 35°C
- relativní vlhkost vzduchu $50 \pm 10\%$
- rychlost proudění vzduchu $25 \pm 10 \text{ cm.s}^{-1}$
- obsah CO_2 , 0,07%
- nepřítomnost vody na pokožce

[1]

1.3 TERMOREGULACE

Termoregulací nazýváme schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu, přestože produkce tepla, jeho příjem i ztráty, nepřetržitě kolísají. Organismus člověka představuje samoregulační systém, jehož fyziologický mechanismus je zaměřen na udržení stálosti vnitřního prostředí na principu rovnováhy mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a množstvím tepla odevzdaného do okolního prostředí.[1]

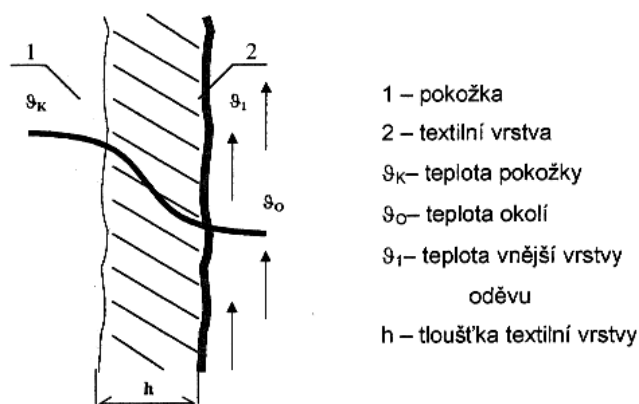
Člověk si různými termoregulačními mechanismy udržuje stálou teplotu vnitřního prostředí, kolísající v rozmezí $\pm 4^{\circ}\text{C}$ okolo průměrné hodnoty $36 - 37^{\circ}\text{C}$. Kolísání je způsobeno vnitřními i vnějšími vlivy. Termoregulace může být chemická, která představuje látkovou přeměnu a tvorbu tepla a fyzikální, která zahrnuje tvorbu a výdej tepla.[1]

Přenos tepla mezi člověkem a okolím se realizuje třemi způsoby:

- 1) kondukce
- 2) konvekce
- 3) radiace

1.3.1 Kondukce

Kondukcí rozumíme přenos tepla vedením, jde přibližně až o 5-ti % ztrátu tepla chodidly, sezením, ležením a dotečky. Kondukce je mechanismus vedení tepla v tenkých vrstvách v oděvních systémech, jde konkrétně o situaci, kdy oděvní vrstva se dotýká pokožky a dochází k přenosu tepla, viz obr. 1.[1]



Obr.1: Prostup tepla [1]

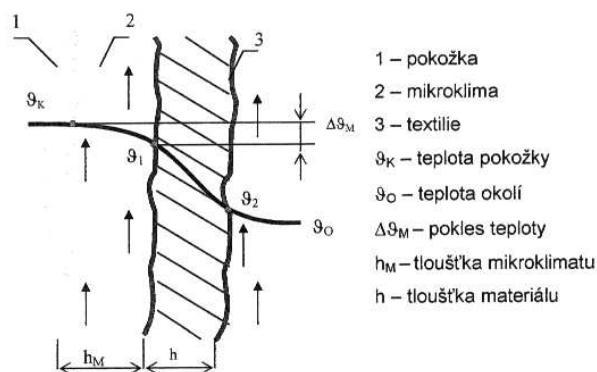
Důležitým vztahem je vztah pro tepelný odpor R_{ct} [$m^2.K/W$] oděvních vrstev. Je dán vztahem:

$$R_{ct} = h/\lambda \quad (2)$$

Celkový tepelný odpor oděvu R_{CL} je součtem dílčích odporů, tudíž záleží na odporu jednotlivých vrstev.[1]

1.3.2 Konvekce (přenos tepla prouděním) a Reynoldsovo číslo

Jde o nejvýznamější přenos tepla mezi člověkem a okolním prostředím, viz. obr. 2.



Obr.2: Přestup tepla prouděním [1]

Teplo se přenáší částicemi tekutiny, které se pohybují rychlostí v [m/s]. Mezi objektem a prostředím se vytváří tzv. tepelná mezní vrstva o tloušťce δ , ve které se realizuje teplotní spád. Tloušťka mezní vrstvy je vyšší při tzv. laminárním proudění tekutiny. Při turbulentním proudění tloušťka mezní vrstvy klesá, protože trajektorie drah jednotlivých částic nezachovávají svůj původní směr a mísí se. Turbulentní proudění nastává v případě, kdy Reynoldsovo číslo převyšuje kritickou hodnotu. Například kritická hodnota je přibližně 2300 pro kruhové potrubí. Bezrozměrné číslo Re je definováno vztahem:

$$Re = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\eta} = \frac{d \cdot v}{\nu} \quad (3)$$

Pro přístroj PERMETEST je výpočet Reynoldsova čísla následující:

dynamická viskozita vzduchu (bez CO ₂)	$\eta = 1,71 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
hustota vzduchu při 35°C –	$\rho_{35^\circ\text{C}} = 1,1460 \text{ kg/m}^3$
průměr potrubí v PERMETESTU	$d_{\text{ekv}} = 0,67742\text{m}$
průměrná rychlost proudění	$v = 1 \text{ m/s}$

Vnitřní průměr potrubí - tato veličina udává vnitřní průměr potrubí kruhového průřezu. Pokud je potrubí hranatého průřezu, potom se stanoví tzv. ekvivalentní průměr potrubí d_{ekv} . [6]

$$d_{\text{ekv}} = \frac{2 \cdot A \cdot B}{A + B} [m] \quad (4)$$

Rozměry vnitřního potrubí v PERMETESTU:

$$A = 5\text{cm} = 0,05\text{m}$$

$$B = 10,5\text{cm} = 0,105\text{m}$$

$$d_{\text{ekv}} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 0,105}{0,05 + 0,105} [m]$$

$$d_{\text{ekv}} = 0,0678 \text{ m}$$

$$\text{Re} = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\eta} = \frac{0,067742 \cdot 1 \cdot 1,1460}{1,71 \cdot 10^{-5}} = 0,0578 \cdot 10^{-5}$$

$$\underline{\text{Re} = 5780}$$

Reynoldsovo číslo přesahuje přibližně 5780, což převyšuje 2300. V přístroji PERMETEST proudí turbulentní proudění.

Při turbulentním proudění je přenos tepla intenzivnější než při proudění laminárním. Přenos tepla prouděním lze pak ještě rozdělit na přirozené a nucené. [1]

Tepelný tok q přenášený jakýmkoli druhem proudění vyjadřuje Newtonův zákon:

$$q = \alpha_c (t_1 - t_2) \quad (5)$$

Koeficient α_c je relativně nízký pro přirozené proudění a roste pro vynucené proudění.[1]

Teplotní spád na mezní vrstvě je možné vyjádřit tepelným odporem mezní vrstvy R_{mv} , který musí být zahrnut do celkového tepelného odporu R_{tot} . R_{mv} lze stanovit vztahem:

$$R_{mv} = \frac{1}{\alpha} \quad (6)$$

V oděvních systémech se část tepla přenáší i zářením, což zahrneme lineárním koeficientem přestupu tepla zářením α_c . [1]

1.3.3 Radiace

Záření, nebo také radiace je přenos elektromagnetické energie ve formě vln s příčnou vibrací vzhledem ke směru jejich šíření. Podle délky vlnění rozlišujeme tyto druhy záření: ultrafialové, rentgenové, gama záření, infračervené, submilimetrové, mikrovlnné a radiové. Vlnová délka tepelného záření je od 100 nm až po 1 mm, z toho teplo vyzařované člověkem se pohybuje okolo středu infračerveného spektra. Při dopadu záření na povrch tělesa může dojít ke třem jevům. Záření se může od tělesa buď odrazit, prostoupit tělesem, nebo může být objektem pohlceno.[1]

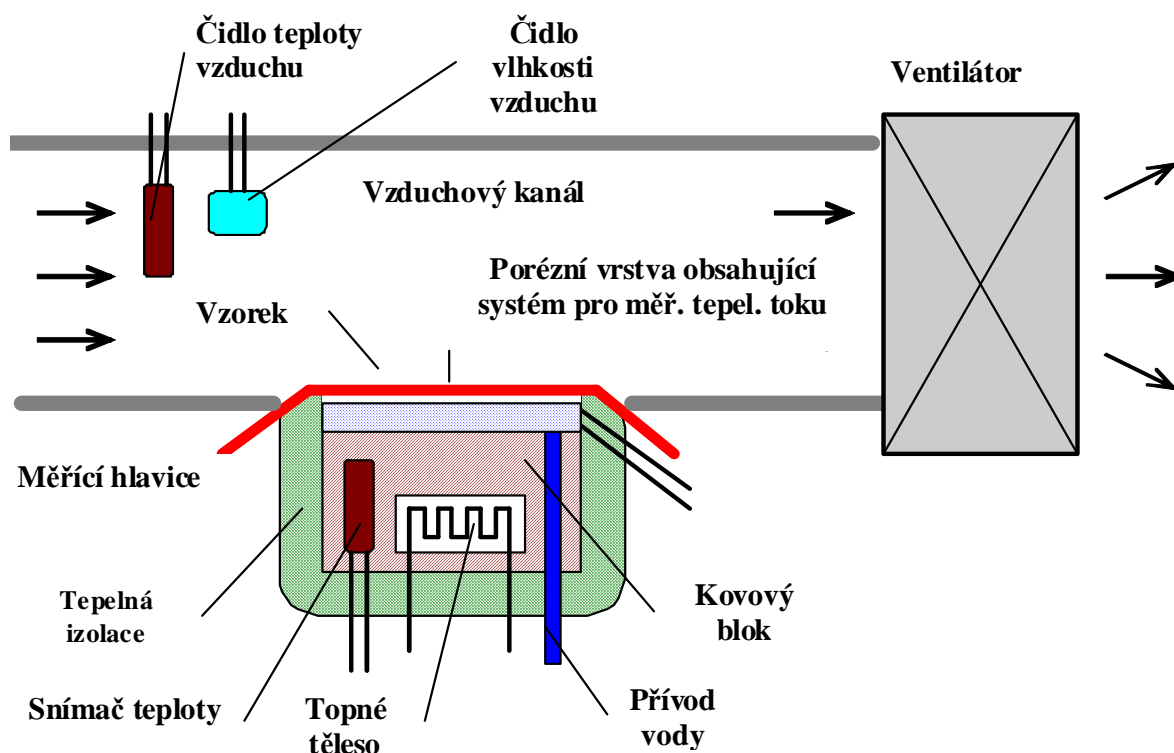
2 HODNOCENÍ TERMOFYZIOLOGICKÉHO KOMFORTU TEXTILIÍ

Termofyziologický komfort lze nejlépe a nejlevněji hodnotit pomocí přístrojů, které přímo napodobují lidskou pokožku a charakterizují příslušný fyzikální děj v systému pokožka – oděv – prostředí. Termofyziologický komfort je

charakterizován dvěma parametry – tepelným a výparným odporem. Měření je realizováno na přístroji PERMETEST.[1]

2.1 MĚŘENÍ POMOCÍ PŘÍSTROJE PERMETEST

Jde o malý přístroj na bázi Skin modelu simulujícího pocení, viz obr. 3, který bez poškození materiálu změří výparný odpor a propustnost pro vodní páry během několika minut. Měřicí hlavice je zvlhčována a porézní, překrytá separační fólií aby nedošlo ke kontaktu s vodou. Na měřicí hlavici je položen vzorek a jeho vnější strana je vystavena proudění. Hlavice je zahřívána na teplotu okolí, tedy 20-23°C. V přístroji jsou zajištěny izotermické podmínky. Vlhkost v porézní vrstvě se při měření mění v páru, která pak přes separační fólii prochází vzorkem. Výparný tepelný tok je snímán a jeho hodnota je nepřímo úměrná výparnému odporu a přímo úměrná paropropustnosti textilie. Měření probíhá ve dvou fázích. První je měřena referenční vrstva, tzv. bez vzorku a poté je měřen sám vzorek. Přístroj zaznamenává tepelné toky q_0 a q_1 . PERMETEST musí být před měřením zkalibrován příslušnou kalibrační textilií.[1]



Obr. 3: Schéma přístroje PERMETEST [1]

2.2 VÝPOČET TERMOFYZIOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ Z NAMĚŘENÝCH HODNOT

2.2.1 Relativní propustnost pro vodní páry a výparný odpor

Relativní propustnost pro vodní páry p [%] je nenormalizovaný parametr, kde 100% propustnost představuje tepelný tok q_0 , který je vyvozený odparem z vodní hladiny o stejném průměru jako měřený vzorek. Zakrytí hladiny vzorkem se tepelný tok sníží na hodnotu q_v . [1]

$$p = 100 (q_v / q_0) [\%] \quad (7)$$

Výparný odpor se stanoví rovnicí:

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad (8)$$

Parametr výparného odporu má mimořádně důležitou úlohu při ochlazování těla odpařováním potu z povrchu pokožky. Úroveň ochlazování závisí zejména na rozdílu parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a ve vnějším prostředí a dále pak na propustnosti oděvní soustavy pro vodní páry. Místo parametru paropropustnost se dnes běžně používá parametr výparného odporu, který u měření simulujících reálné přenosové jevy při nošení oděvu přímo charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu. Zde je nutno rozlišovat celkový výparný odpor textilie a výparný odpor vnějšího přilehlého vzduchu, tzv. mezní vrstvy. [5]

Hodnocení paropropustnosti textilií pomocí výparného odporu R_{et} dle normy ISO 11092 je dnes nejčastěji používanou metodou. Čím je nižší hodnota R_{et} , tím je propustnost textilie pro vodní páry vyšší. [5]

2.2.2 Tepelný odpor

Tepelný odpor R_{ct} vyjadřuje odpor proti prostupu tepla vzorkem o definované teplotě t_m , z jedné strany a teplotou vzduchu t_a z jeho druhé strany, kde se přenos tepla realizuje konvekcí. Tepelný odpor mezní vrstvy se odečítá. Odečítá se však tepelný odpor mezní vrstvy platící pro hladký povrch, přičemž textilie mají většinou povrch drsný a hrubý. Stanovená hodnota tepelného odporu tedy není přesná. Tento postup se v Evropě používá, viz norma ISO 11092. Stanovení tepelného odporu dle normy ISO 11092 je dle vzorce:

$$R_{ct} = (t_m - t_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad (9)$$

Při měření je nutné zabránit styku textilie s vodou, což nám zajišťuje polopropustná membrána. Důležité také je, že přístroj PERMETEST musí být vždy před měřením zkalibrován danou kalibrační textilií.[1]

2.3 POPIS NORMY ISO 11092

Norma ISO 11092 je identická s EN 31092; 1993. Byla schválena CEN 1993-12-16. Jde o jednu z prvních norem, zabývajících se fyziologickým komfortem. Stanovuje metody pro měření tepelného a výparného odporu v ustálených podmínkách.[3]

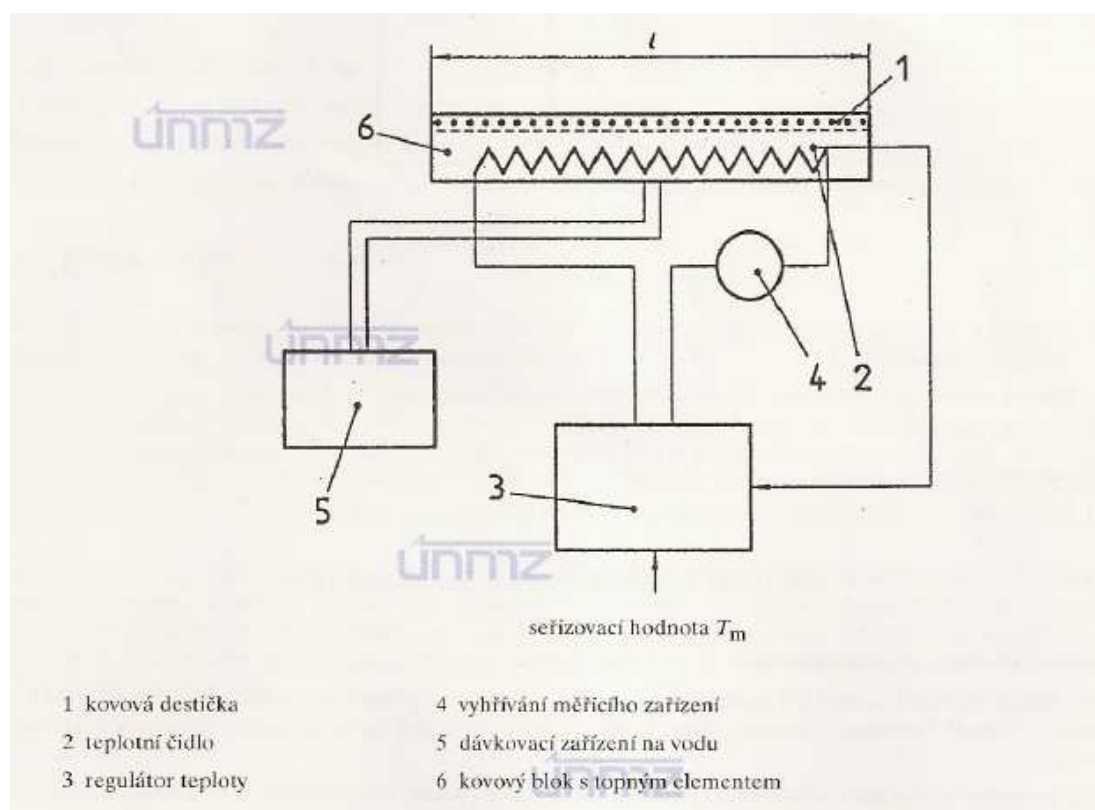
2.3.1 Podstata

Zkušební vzorek se umístí na elektricky vyhřívanou destičku a klimatizovaný vzduch prochází v paralelním směru jeho povrchu. Pro zjištění tepelného odporu se měří tok tepla procházející zkušebním vzorkem po ustálení podmínek. Technický popis této normy se stanoví tepelný odpor R_{ct} tak, že tepelný odpor mezní vrstvy vzduchu nad povrchem zkušebního zařízení se odečte od odporu zkušebního vzorku a vzduchové vrstvy, přičemž obě se měří za stejných podmínek. Totéž platí i pro výparný odpor R_{et} . [3]

2.3.2 Zkušební zařízení

Měřicí jednotka s regulací teploty a přívodu vody

Tato jednotka, viz obr. 4, je vytvořena z kovové destičky o tloušťce přibližně 3mm a s minimální plochou 0,04 m² připevněné ke kovovému bloku s vyhřívaným elementem. Pro měření paropropustnosti musí být kovová destička pórovitá. Je obklopena tepelným chráničem, který je umístěn v otvoru v měřicím stole. Poloha měřicí jednotky musí být nastavitelná, aby povrch vzorků byl ve stejné rovině s měřicím stolem. Tepelné ztráty musí být minimalizovány. Regulátor teploty musí udržet povrchovou teplotu T_m měřicí jednotky konstantní mezi $\pm 0,1$ K.[3]

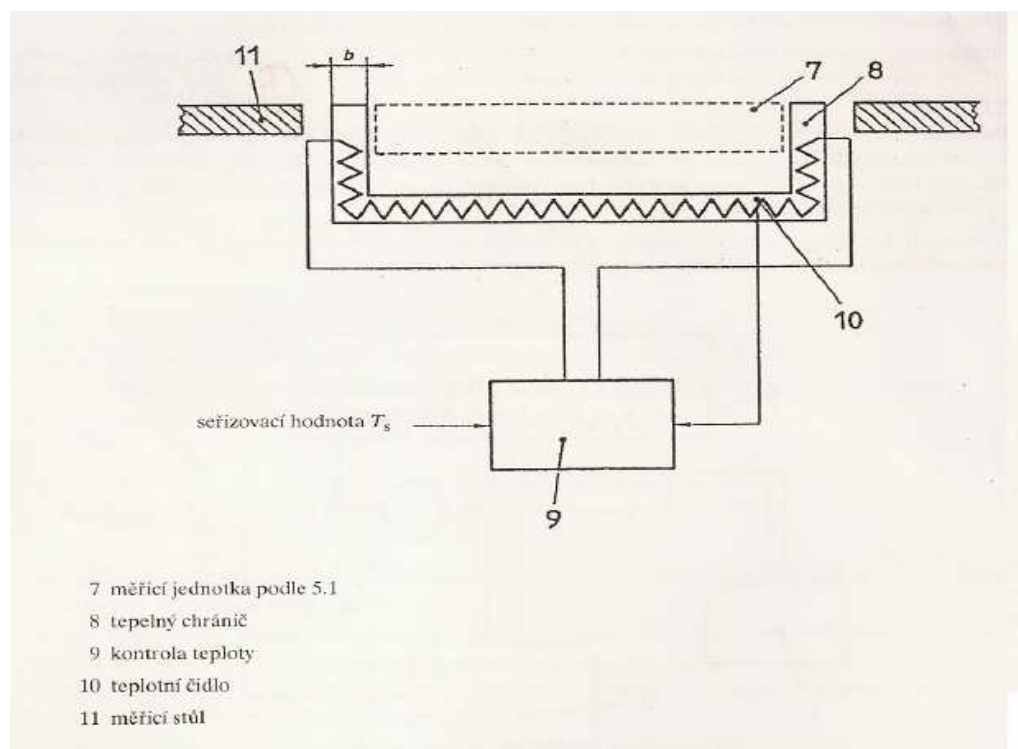


Obr.4: Měřicí jednotka s kontrolou teploty a přívodu vody.[3]

Tepelný chránič s regulací teploty

Tepelný chránič, viz obr. č. 5, musí být vyroben z materiálu s velkou tepelnou vodivostí, tedy nejlépe z kovu a musí být elektricky vyhříván. Funkcí chrániče je

zabránit úniku tepla ze stran a spodní části jednotky. Tloušťka tepelného chrániče b musí být minimálně 15 mm. Mezera mezi vrchní stranou tepelného chrániče a kovovou destičkou měřicí jednotky nesmí být větší než 1,5 mm. Teplota tepelného chrániče T_s měřená teplotním čidlem musí být udržovaná pomocí regulátoru na stejné teplotě jako měřicí jednotka T_m v rozmezí $\pm 0,1$ K.[3]



Obr. 5: Tepelný chránič s kontrolou teploty.[3]

2.3.3 Zkušební prostor

Měřicí jednotka a tepelný chránič musí být zabudovány ve zkušebním prostoru, aby teplota okolního vzduchu a vlhkost mohly být regulovány. Teplota vzduchu proudícího v přístroji musí proudit paralelně s jeho povrchem. Teplota tohoto vzduchu musí být regulována s přesností $\pm 0,1$ K po dobu zkoušky. Relativní vlhkost tohoto proudu vzduchu musí být během doby měření také regulována s přesností $\pm 3\%$ relativní vlhkosti vzduchu.[3]

2.3.4 Zkušební vzorky

Materiály o tloušťce ≤ 5 mm musí zcela zakrývat povrch měřicí jednotky a tepelného chrániče. Z každého zkoušeného materiálu se musí vystříhnout a vyzkoušet nejméně 3 vzorky a musí být před měřením minimálně 24 hodin aklimatizovány. Materiály o tloušťce ≥ 5 mm vyžadují speciální postup, aby nedocházelo k tepelným ztrátám a úniku vodních par z okrajů. Je nutná korekce, pokud tloušťka vzorku je přibližně dvojnásobek šířky tepelného chrániče. Odchylka od lineárního vztahu mezi tepelným odporem a tloušťkou vzorku může být stanovena a korigována faktorem:

$$[1 + (\Delta R_{ct} / R_{ct} \text{ naměřená})] \quad (10)$$

[3]

2.3.5 Postup zkoušky

První stanovíme R_{ct0} , konstantu přístroje v $\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ pro měření tepelného odporu R_{ct} . Povrchová teplota měřicí jednotky T_m se seřídí na 35°C a teplota vzduchu na 20°C a relativní vlhkost na 65%. Rychlost vzduchu v_a se seřídí na 1m/s . Vyčká se na ustálení a zaznamenají se jejich hodnoty. Tepelný odpor nezakryté destičky R_{ct0} se stanoví dle rovnice:

$$R_{ct0} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} \quad (11)$$

Dále musíme stanovit konstantu R_{et0} přístroje v $\text{m}^2 \cdot \text{Pa} / \text{W}$, pro měření výparného odporu R_{et} . Při stanovení R_{et0} je povrch destičky neustále zvlhčován a hladká celofánová polopropustná membrána o tloušťce $10\text{-}50\mu\text{m}$ upevněná nad porézní destičkou tak, aby nebyla pomačkaná. Voda přiváděná k měřicí destičce musí být destilovaná, nejlépe 2x a poté znovu převařená, aby neobsahovala bublinky. Povrchová teplota měřicí jednotky T_m a teplota vzduchu T_a se seřídí na 35°C . Rychlost vzduchu v_a se seřídí na 1 m/s . Relativní vlhkost vzduchu musí být konstantní 40% odpovídající parciálnímu tlaku vodních par p_a 2250Pa . Parciální tlak vodních par p_m přímo na povrchu měřicí jednotky lze považovat za shodný s tlakem

nasycené páry při teplotě tohoto vzduchu, t.j. 5620 Pa, bez snížení přesnosti zkoušky. Tepelný odpor nezakryté destičky R_{ct0} je stanoven rovnicí:

$$R_{ct0} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} \quad (12)$$

Přesnost přístroje je možné ověřit tzv. referenčním materiálem, který je nutný pro kalibraci přístroje. Je nutné občas provádět recalibraci, protože mohou vzniknout odchylky od měření, většinou je to způsobeno odchylkou rychlosti vzduchu v_a nad povrchem zkoušeného vzorku. Vzduchový proud nad povrchem vzorku ovlivňuje odolnost mezní vrstvy, která přiléhá k vnějšímu povrchu vzorku a tím ovlivňuje výsledek zkoušky.[3]

2.3.6 Instalace zkušebních vzorků na měřicí jednotku

Zkušební vzorky se musí umístit tak, aby ležely rovně přes měřicí jednotku a strana, která pokrývá lidské tělo pokrývala tou stranou měřicí jednotku. Při větším počtu vrstev musí být vzorky tak, jak by byly seřazeny na lidském těle. Musí se zabránit bublinám a pomačkání zkušebního vzorku nebo vzduchovým mezerám mezi vzorkem a měřicí jednotkou, v případě více vrstev se musí zabránit vzduchovým mezerám mezi vrstvami. U vzorků o tloušťce větší než 3mm musí být měřicí jednotka snížena, aby povrch vzorku byl ve stejné rovině s měřicím stolem. Směr orientace vzorků vzhledem k proudění musí být definován a popsán ve zkušební zprávě.[3]

2.3.7 Měření tepelného odporu R_{ct}

Teplota povrchu měřicí jednotky T_m se seřídí na 35°C a teplota vzduchu T_a na 20°C s relativní vlhkostí 65%. Rychlost vzduchu se seřídí na 1 m/s. Mohou se použít i jiné podmínky teploty T_a , relativní vlhkost a rychlost vzduchu v_a . V protokolu o zkoušce musí být tyto podmínky popsány a musí být uvedeno, že výsledky se mohou lišit od výsledků prováděných za podmínek této normy. Po umístění vzorku na

měřicí jednotku je třeba vyčkat do ustálení veličin (T_m , T_a , r , v ., H) a potom se jejich hodnoty zaznamenají.[3]

Tepelná odolnost R_{ct} se vypočítá dle rovnice:

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a)}{H - \Delta H_c} - R_{ct0} \quad (13)$$

Tepelný odpor R_{ct} se vypočítá jako aritmetický průměr jednotlivých měření.[3]

2.3.8 Měření výparného odporu R_{et}

Pro měření výparného odporu se musí nad povrchem měřicí jednotky připevnit celofánová membrána, propouštějící vodní páry, ale nepropouštějící vodu.[3]

Teplota měřicí jednotky T_m a vzduchu T_a se seřídí na 35°C při relativní vlhkosti 40%. Rychlost vzduchu v_a se seřídí na 1m/s. Jakékoliv odchylky od těchto hodnot musí být v rozmezí. Izotermické podmínky zabraňují kondenzaci vodních par uvnitř vzorku. Mohou být použity i jiné podmínky relativní vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu v_a , ale musí to být uvedeno v protokolu o zkoušce a být uvedeno, že výsledky se mohou lišit od výsledků prováděných za podmínek této normy. Jestliže se teplota vzduchu T_a mění, zkouška není izotermická a není ji možné dále použít.[3]

Po umístění měřeného vzorku na hlavici je nutno vyčkat, až se naměřené veličiny ustálí a poté zaznamenat hodnoty.[3]

Výparný odpor R_{et} se vypočítá dle rovnice:

$$R_{et} = \frac{(p_m - p_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} \quad (14)$$

Výparný odpor R_{et} zkoušeného vzorku se vypočte jako aritmetický průměr jednotlivých měření.[3]

2.3.9 Shodnost výsledků

Opakovatelnost

Pro tepelný odpor R_{ct} bylo zjištěno, že přesnost opakovaných měření stejných vzorků s hodnotami do $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ je $3,0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ při měření jednotlivých vrstev tkanin. U hodnot R_{ct} vyšších než $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ je přesnost asi 7% při měření na pěnách.

Pro výparný odpor R_{et} bylo zjištěno, že přesnost opakovaných měření stejných vzorků s hodnotami do $10 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ je nižší než $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ při měření jednotlivých vrstev tkanin. U hodnot R_{et} vyšších než $10 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ je přesnost 7% při měření na pěnách.[3]

2.3.10 Protokol o zkoušce

Protokol o zkoušce musí obsahovat minimálně tyto údaje:

- a) odkaz na normu ISO 11092
- b) úplný popis zkoušeného materiálu
- c) uspořádání zkušebních vzorků dle normy
- d) počet zkušebních vzorků z každého materiálu a počet jednotlivých měření každého zkušebního vzorku
- e) zkušební ovzduší
- f) aritmetický průměr tepelné odolnosti nebo odolnosti vůči vodním parám
- g) podrobnosti o odchylkách této normy
- h) datum zkoušky

2.4 POPIS NOVÉ METODY MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI PERMETEST

Tato bakalářská práce se zabývá také testováním nové metody měření na přístroji PERMETEST. Tato metoda je založena na principu měření jednoduchého vzorku v referenčním režimu a měření dvojitého vzorku ve fázi hlavního měření. Tato metoda navazuje na závěry získané v diplomové práci Ing. Sluky s názvem Výparný a hydraulický odpor vícevrstvých textilií a v diplomové práci Ing. Letkové s názvem Tepelný komfort sportovních oděvů s uvažováním vlivu potu.

Výparný odpor získaný z přístroje PERMETEST se ve skutečnosti skládá ze dvou hodnot, viz obr. 6. Platí tedy:

$$R_{tot} = R_{et} + R_{mv} \quad (15)$$

Výsledný výparný odpor je součtem výparného odporu materiálu a výparného odporu mezní vrstvy. Poté lze vyjádřit výparný odpor vlastní textilie jako rozdíl celkového odporu a výparného odporu mezní vrstvy:

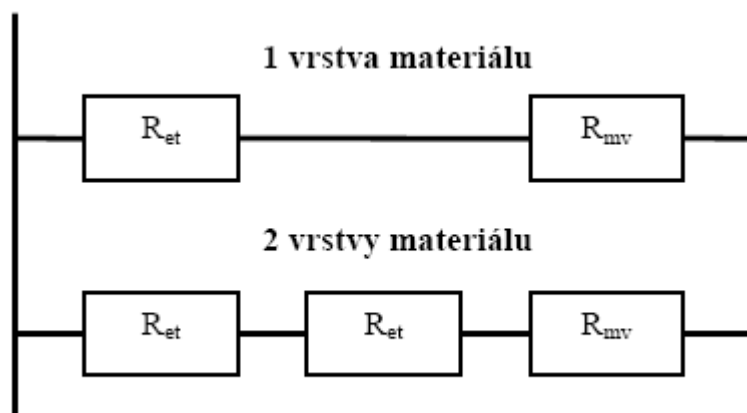
$$R_{et} = R_{tot} - R_{mv} \quad (16)$$

Platí-li pro měření jedné vrstvy textilie již zmiňovaný vztah. (viz. výše), potom pro měření dvou vrstev stejné textilie platí:

$$R_{tot(2)} = 2R_{et} + R_{mv} \quad (17)$$

Pro zjednodušení je ve vztahu zanedbána vzduchová vrstva mezi oběma vrstvami textilie, která dle Ing. Sluky by neměla na výsledný výparný odpor za určitých podmínek významnější vliv. Samotný výparný odpor vzduchové mezery je vysoký. Předpoklad zanedbání výparného odporu vzduchové vrstvy pracuje s předpokladem minimální tloušťky vzduchové mezery a tím pádem i malým vlivem

na výsledný výparný odpor. Tento předpoklad platí pro měření na přístroji PERMETEST, který má zakřivený povrch hlavice.[4]



Obr. 6: Schéma zapojení výparných odporů v jedno- a dvouvrstevném komplexu

Ze znalosti předchozích vztahů lze určit výparný odpor jedné vrstvy textilie jako rozdíl celkového výparného odporu dvouvrstvého kompletu a jednovrstvého kompletu:

$$R_{et} = R_{tot(2)} - R_{tot(1)} \quad (18)$$

po dosazení platí:

$$R_{et} = 2R_{et} + R_{mv} - (R_{et} + R_{mv}) \quad (19)$$

Toto lze aplikovat i na vícevrstevný komplet:

$$R_{tot(n)} = n \cdot R_{et} + R_{mv} \quad (20)$$

Každý další komplet je však zatížen vzrůstající chybou způsobenou zanedbáním výparného odporu mezních vrstev vzduchu mezi jednotlivými vrstvami textilie. Předpokladem je, že nejmenší chybou bude zatížen dvouvrstvý komplet.

Měření touto novou metodou je velice náročné na přesnost. Je nadmíru důležité dodržovat přesný postup při měření. Je nutné přístroj vždy správně zkalibrovat a ověřit přesné nastavení parametrů (nastavení hodnoty 0).

Tento způsob měření by měl zajistit vyšší přesnosti měření vzorků, při jejichž měření je zanedbán vliv jejich struktury. Například na povrchu objemových pletenin dochází k turbulentním jevům, jež mohou ovlivnit výsledné naměřené hodnoty.[5]

Postup měření je následující:

- 1) Přístroj PERMETEST provede měření v referenčním režimu, tj. bez vzorku. Přístroj měří pouze membránu umístěnou na měřicí hlavici.
- 2) Přístroj PERMETEST je zkalibrován definovanou kalibrační textilií v systému membrána-textilie (**M+T**).
- 3) Takto zkalibrovaným přístrojem je změřena zkoumaná textilie (**M+T**)
- 4) V další fázi přístroj provede referenční měření s vloženou zkoumanou textilií, tím bude vliv této textilie odečítán od další měřené vrstvy.
- 5) Přístroj PERMETEST je zkalibrován definovanou kalibrační textilií v systému textilie-textilie (**T+T**)
- 6) Takto zkalibrovaným přístrojem je změřená zkoumaná textilie v systému dvou vrstev shodné zkoumané textilie (**T+T**)

Uvedený postup je nutno přesně dodržovat, aby bylo dosaženo přesných výsledků. Je také nutné zajistit neměnné podmínky v laboratoři.[4]

2.5 POVRCHOVÉ VLASTNOSTI VZORKŮ A PŘÍSTROJ KES

Systém KES (Kawabatta evaluation systém) umožňuje testování šesti základních mechanických vlastností plošných textilií (tah, smyk, ohyb, stlačitelnost, koeficient tření a drsnost). Na základě těchto vlastností je možné stanovit THV (Total Hand Value) - hodnocení omaku. V této práci jsou naměřeny pouze povrchové vlastnosti textilií na Automatic Surface Tester - KES-FB4, viz obr. 7.[8]



Obr.7: KES - měření povrchu[8]

Vzorek textilie o velikosti 20x20 cm se upne do přístroje. Zde 2 snímače měří koeficient povrchového tření a geometrickou drsnost. Snímače se pohybují po dráze 30 mm v obou směrech.

Přístroj nám naměří tyto hodnoty:

MIU	střední hodnota koeficientu tření
MMD	střední odchylka od koeficientu tření
SMD	střední odchylka geometrické drsnosti v μm

[2]

PRAKTICKÁ ČÁST

3 POPIS VZORKŮ A JEJICH POVRCHOVÁ DRSNOST

Práce obsahuje měření na celkem 7- mi vzorcích. Jedná se o vzorky ze 100% bavlny, 100% polyesteru a 100% polypropylenu. Vždy se jedná o jeden vzorek hladký a druhý strukturovaný. Vzorky byly nastříhány na velikost 20x20 cm, která byla požadována pro měření. K práci byl přiložen ještě jeden hrubý vzorek ze 100% bavlny, označen 1.3, protože vzorky polypropylenové vykazovaly příliš hladký povrch.

U každého vzorku, kromě vzorku 1.3, který byl dodatečně přidán, byla stanovena povrchová drsnost na systému KES. Bylo provedeno 1 měření po osnově a 1 měření po útku. Grafy jsou v příloze číslo 2.

Nás zajímá hlavně povrchová drsnost ve směru proudění, tedy přesněji geometrická drsnost [μm] po osnově. Z měření nás zajímají hodnoty na grafu SMD. Černá čára grafu zobrazuje osnovu, červená útek. Jedno měření z důvodu obsazenosti laboratoře a výsledky jsou jen orientační. Dle výsledků měření je vidět, že ne každý vzorek byl více strukturovaný po osnově.

Některé vzorky vykazují drsnější povrch po útku, tudíž na základě tohoto měření jsme mohli rozhodnout, jakým směrem budeme vzorek vystavovat proudění v přístroji PERMETEST, na kterém bylo prováděno měření výparného odporu, viz druhá část.

Ke každému vzorku je přidána i fotografie, pro porovnání vizuální povrchové drsnosti s naměřenou. První číslice u vzorků znamená materiál: 1 - bavlna, 2 - polyester, 3 - polypropylen. Druhá číslice znamená 1 - hladký povrch, 2 - drsný povrch. Je zajímavé, že se liší subjektivní vybrání hladkého a strukturovaného vzorku od skutečných naměřených hodnot.

3.1 VZOREK 1-1

Vzorek 1-1, viz obr. 8, má takovéto parametry:

Materiál:	100% bavlna
Plošná hmotnost:	270 g/m ²
Vazba:	plátnová

Z fotky i grafu je zřejmé, že se jedná o hladký vzorek. Hodnoty geometrické drsnosti se pohybují ve směru osnovy i útku mezi 1,7-1,9 μm .



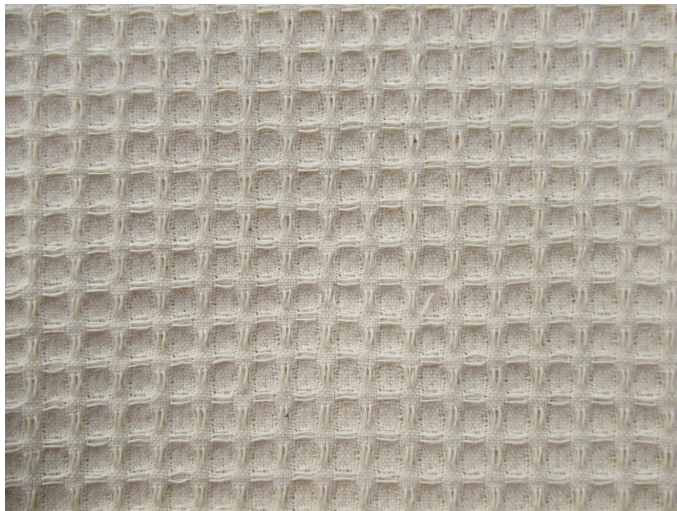
Obr.8: Fotografie vzorku 1-1

3.2 VZOREK 1-2

Vzorek 1-2, viz obr. 9, má tyto parametry:

Materiál:	100% bavlna
Plošná hmotnost:	240 g/m ²
Vazba:	vaflová

Vaflová vazba má sama o sobě drsný profil, z fotografie i z grafu je zřejmé, že je o hodně drsnější než vzorek 1.1 s plátňovou vazbou. Geometrická drsnost povrchu osnovy je kolem 5,5 μm .

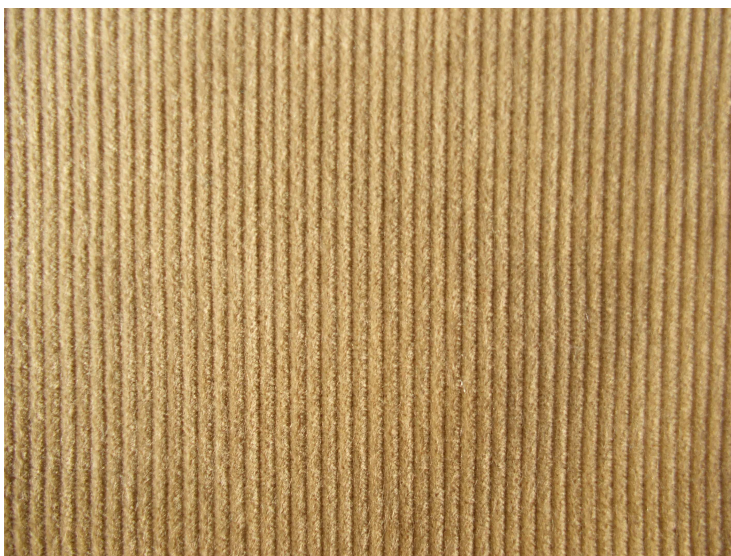


Obr.9: Fotografie vzorku 2.2

3.3 VZOREK 1-3

Vzorek 1-3, viz obr.10, byl dodatečně k práci přidán, má tyto parametry:

Materiál:	100% bavlna
Plošná hmotnost:	190 g/m ²
Typ tkaniny:	Manžestr



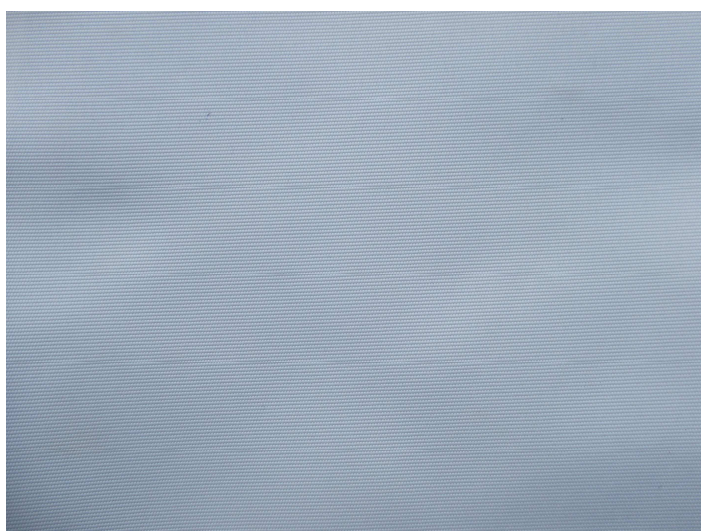
Obr.10: Fotografie vzorku 1-3

3.4 VZOREK 2-1

Vzorek 2-1, viz obr. 11, má tyto parametry:

Materiál:	100% polyester
Plošná hmotnost:	217 g/m ²
Vazba:	plátňová

Vzorek má velký rozdíl povrchové drsnosti mezi osnovou a útkem, což zřejmě nebude mít větší vliv na měření.



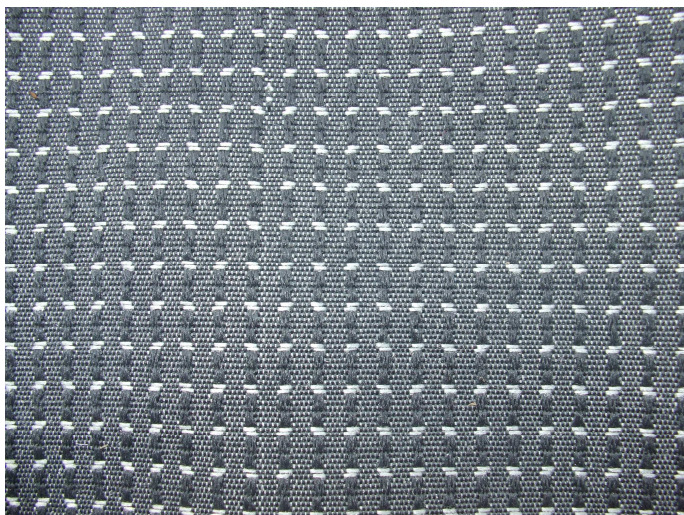
Obr. 11.: Fotografie vzorku 2-1

3.5 VZOREK 2-2

Vzorek 2.2, viz obr. 12, má tyto parametry:

Materiál:	100% polyester
Plošná hmotnost:	300 g/m ²
Vazba:	plátňová

Tento vzorek je opět velmi strukturovaný, jak po osnově, tak po útku.



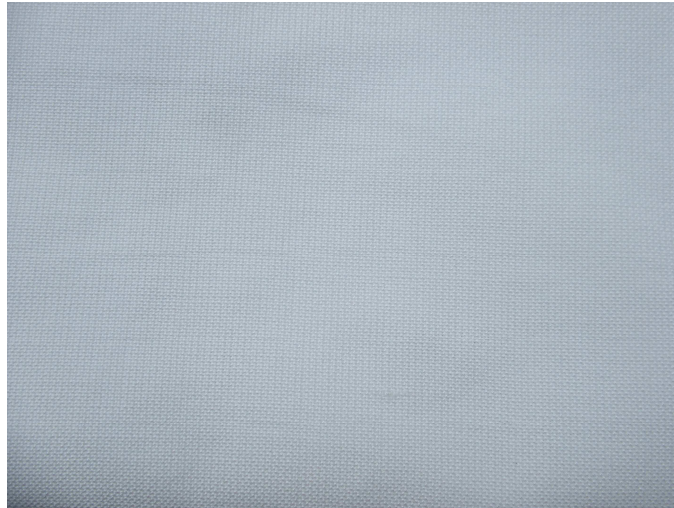
Obr.č.12: Fotografie vzorku 2.2

3.6 VZOREK 3-1

Vzorek 3-1, viz obr. 13, má tyto parametry:

Materiál:	100% polypropylen
Plošná hmotnost:	160 g/m ²
Vazba:	plátnová

Na první pohled se zdá být vzorek 3.1 hrubší od vzorku 3.2, jde však pouze o vizuální subjektivní hodnocení. Dle měření na KES je výrazně drsnější vzorek 3.1 a 3.2 hladší. Je to také dáno tím, že sehnat 100% polypropylenovou tkaninu je problém, tudíž na těchto dvou vzorkách nás bude zajímat i případný částečný vliv vazby.

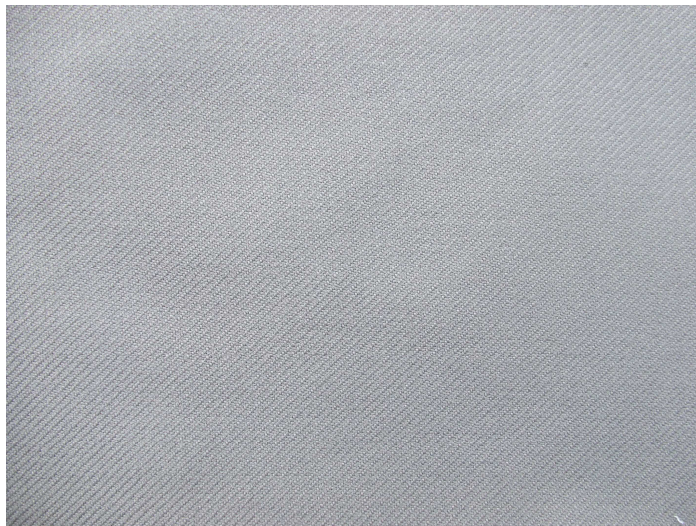


Obr.13: Fotografie vzorku vzorku 3-1

3.7 VZOREK 3-2

Vzorek 3-2, viz obr.14, má takovéto parametry:

Materiál:	100% polypropylen
Plošná hmotnost:	230 g/m ²
Vazba:	keprová



Obr.14: Fotografie vzorku 3-2

4 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ ZÍSKANÝCH STANDARTNÍ A DVOJITOU METODOU NA PŘÍSTROJI PERMETEST

Na přístroji PERMETEST byli změřeny hodnoty výparného odporu dle normy ISO 11092, v grafech pod názvem jednoduché měření, a hodnoty pro dvojité měření dle postupu uvedeném v kapitole 2.4. Tepelný odpor se souhlasem vedoucího bakalářské práce Prof. Ing. Hese, DrSc. nemohl být změřen, z důvodu velké obsazenosti laboratoře. Výparný odpor všech výše popsanych vzorků byl měřen vždy ve stejném směru a to ve směru osnovy, jednak při jednoduchém měření jedné vrstvy, tak i při dvojitým měření. Druhá vrstva vzorku byla na první vzorek položena tak, aby byla orientovaná stejně jako první. Vzorky byly pokládány vždy lícem nahoru. Bylo měřeno přesně dle návodu v kapitole 2.4.

Měření bylo provedeno 3x na 3 vzorcích od každého typu tkaniny. Vzorky byly aklimatizovány 24 h před měřením a pak došlo k jejich proměření dne 24.3.2010 a byly zajištěny neměnné podmínky v laboratoři s těmito hodnotami:

Teplota:	23,6°C
Relativní vlhkost	39%

První grafy zobrazují rozdíly výparného odporu měřeného na bavlně, polyesteru a polypropylenu, vždy je porovnán hladký a hrubý vzorek, jednoduché a dvojité měření.

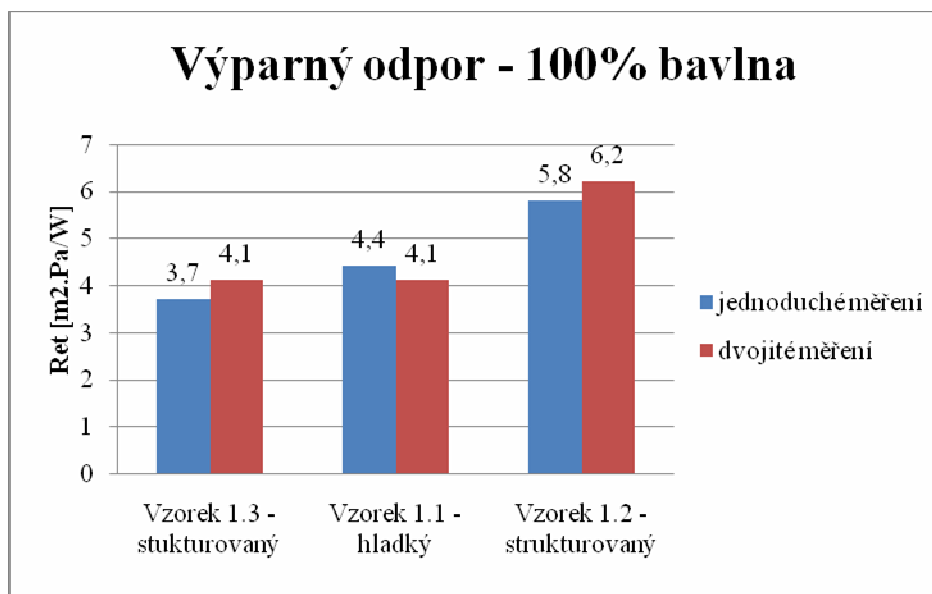
Další dva grafy č.5 a č.6 zobrazují výsledky měření hladkých a hrubých vzorků.

Jak je vidět z grafu č.1, měření výparného odporu na hladkých vzorcích je pro dvojité měření menší než u jednoduchého a u hrubých naopak.

Dodatečně byl dodán vzorek 1.3, který je hrubý, protože vzorky polypropylenové byly špatně vybrány.

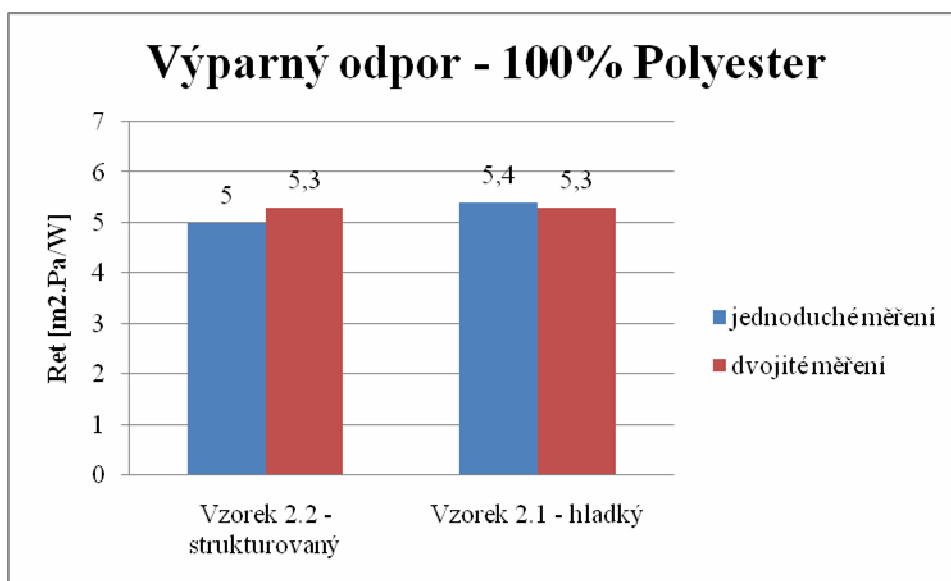
4.1 VÝPARNÝ ODPOR BAVLNĚNÝCH VZORKŮ

Rozdíl u vzorku 1.1 činí pouze $0,3 \text{ m}^2.\text{Pa}/\text{W}$. U dvojitého měření je rozdíl $0,4 \text{ m}^2.\text{Pa}/\text{W}$. Variační koeficient se pohybuje u vzorku 1.1 pro jednoduché měření 4,7% a u dvojitého 5,7%. U vzorku strukturovaného 1.2 je pro jednoduché měření 4% a dvojité 2,1%, viz graf 1. Vzorek 1.3 vykazuje rozdíl $0,4 \text{ m}^2.\text{Pa}/\text{W}$



Graf 1: Výparný odpor 100% bavlny

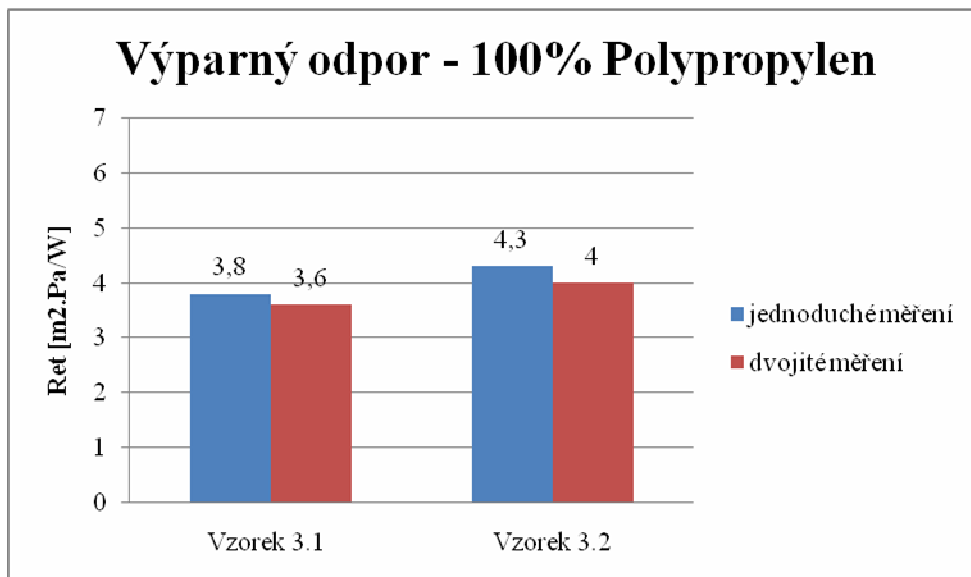
4.2 VÝPARNÝ ODPOR POLYESTEROVÝCH VZORKŮ



Graf 2: Výparný odpor 100% polyesteru

U grafu č.2 lze vidět, že zde bylo měření u hladkého vzorku 2.1 asi přesnější, protože rozdíl mezi jednoduchým a dvojitým měřením je pouze $0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$. Rozdíl u hrubého vzorku je $0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$. Variační koeficienty jsou opět v normě.

4.3 VÝPARNÝ ODPOR POLYPROPYLENOVÝCH VZORKŮ

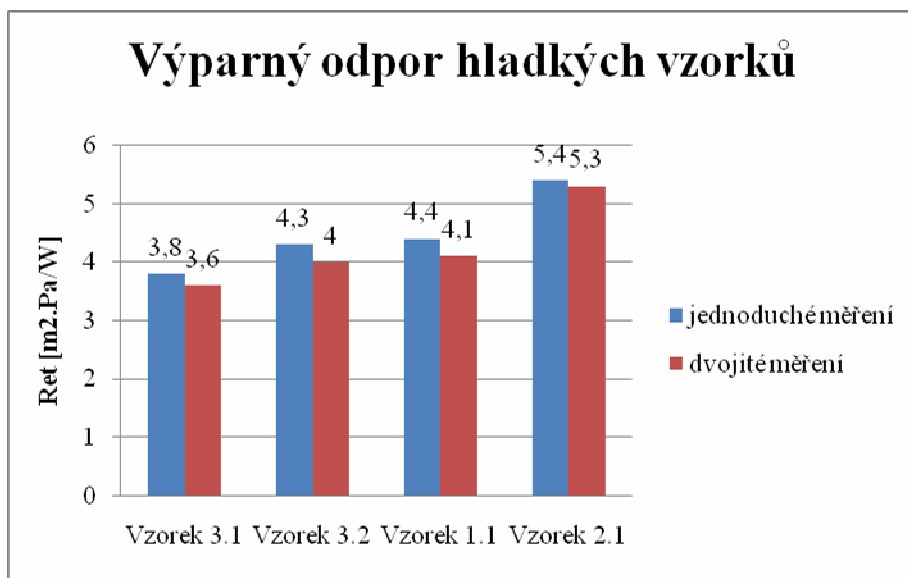


Graf 3: Výparný odpor 100% polypropylenu

U grafu č.3, kde jsou porovnány výparné odpory 100% polypropylenu je vidět, že vzorky byly hladké, protože výparný odpor je více méně stejný. Vzorek byl špatně vyhodnocen subjektivně jako strukturovaný, přičemž měření na KES dokázalo, že jde o poměrně hladký vzorek. Proto byl k měření přidán 1 hrubý vzorek 1-3 ze 100% bavlny.

4.4 VÝPARNÝ ODPOR HLADKÝCH VZORKŮ

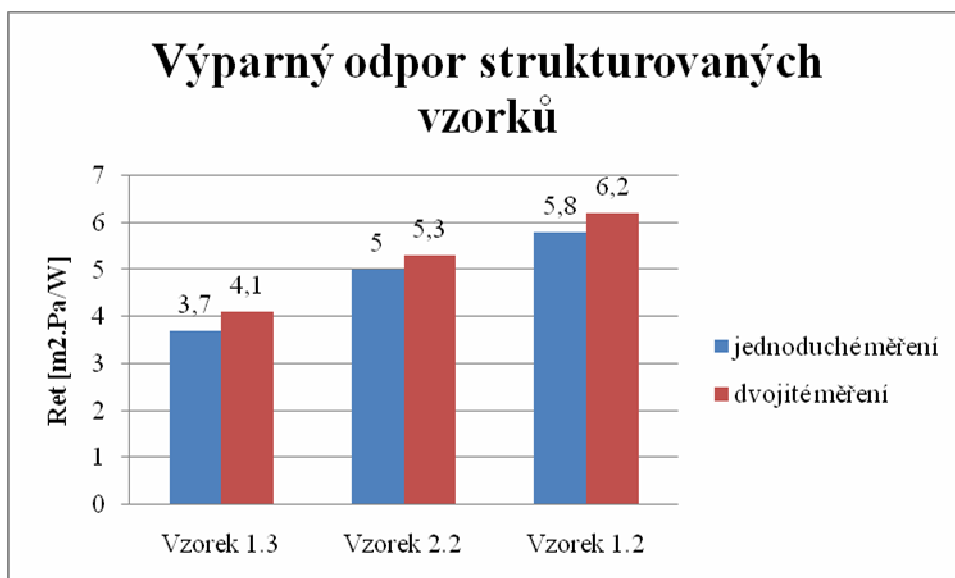
Na následujícím grafu č.4 jsou vedle sebe vidět výsledky hladkých vzorků. Můžeme říci, že pro relativně hladké vzorky vychází jednoduché i dvojité měření stejně. Pro relativně hladké vzorky je norma ISO 11092 dostatečně přesná.



Graf 4: Výparný odpor hladkých vzorků

4.5 VÝPARNÝ ODPOR STRUKTUROVANÝCH VZORKŮ

U hrubých, profilovaných vzorků je vidět vzrůst R_{et} u dvojitého měření, více v následující kapitole.



Graf 5: Výparný odpor strukturovaných vzorků

4.6 ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY

Vzrůst výparného odporu u hrubých vzorků si lze odvodit. U jednoduchého měření, viz obr. 20, kde celkový odpor se vypočítá:

$$R_{C(I)} = R_p + R_{tex} + R_{MV} \quad (21)$$

kde:

R_pje odpor přechodu mezi hlavicí a textilií

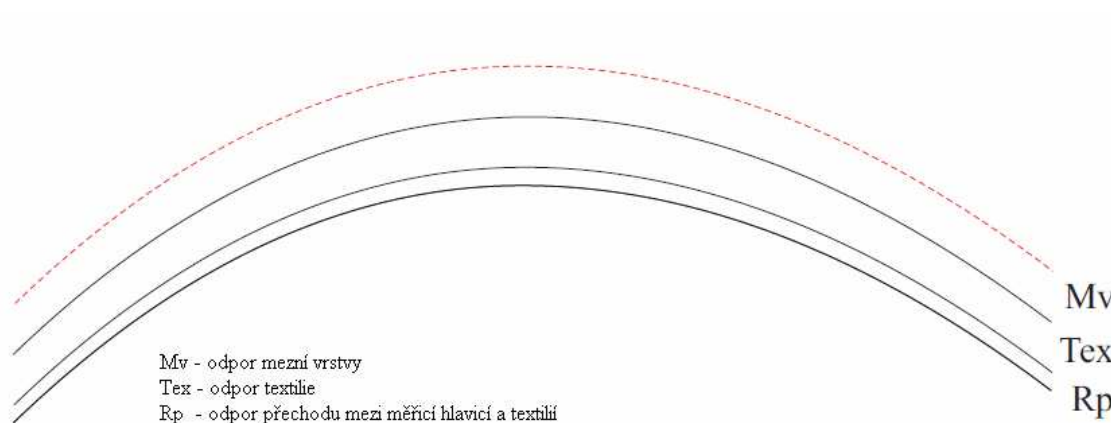
R_{tex}je odpor textilie

R_{mv}je odpor mezní vrstvy

$$R_{tex(I)} = R_{c(I)} - R_{MV} \quad (22)$$

$$R_{tex(I)} = R_p + R_{tex} + R_{MV} - R_{MVII} \quad (23)$$

kde R_{MVII} je výparný odpor mezní vrstvy bez textilie



Obr.20: Schéma jednoduchého měření

U dvojitého měření je celkový výparný odpor, viz obr. 21:

$$R_{C(II)} = R_p + 2R_{tex} + R_{TT} + R_{MV} \quad (24)$$

kde:

R_pje odpor přechodu mezi hlavicí a textilií

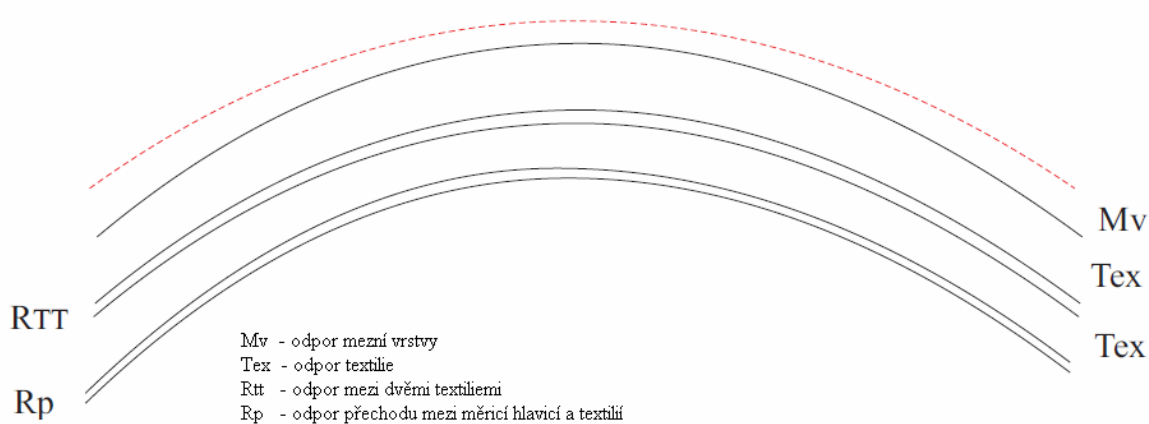
$2R_{tex}$je odpor 2 textilií

R_{mv}je odpor mezní vrstvy s textilí

R_{TT}je odpor mezi 2mi textiliemi

$$R_{tex(II)} = R_{c(II)} - R_{MV} - R_p - R_{tex} \quad (25)$$

$$R_{C(II)} = R_{tex} + R_{TT} \quad (26)$$



Obr.21:Schéma dvojitého měření

Výsledný odpor u dvojitého měření vychází větší protože, když porovnám rovnice 23 a 26:

$$R_p + R_{MV} - R_{MVII} < R_{TT} \quad (27)$$

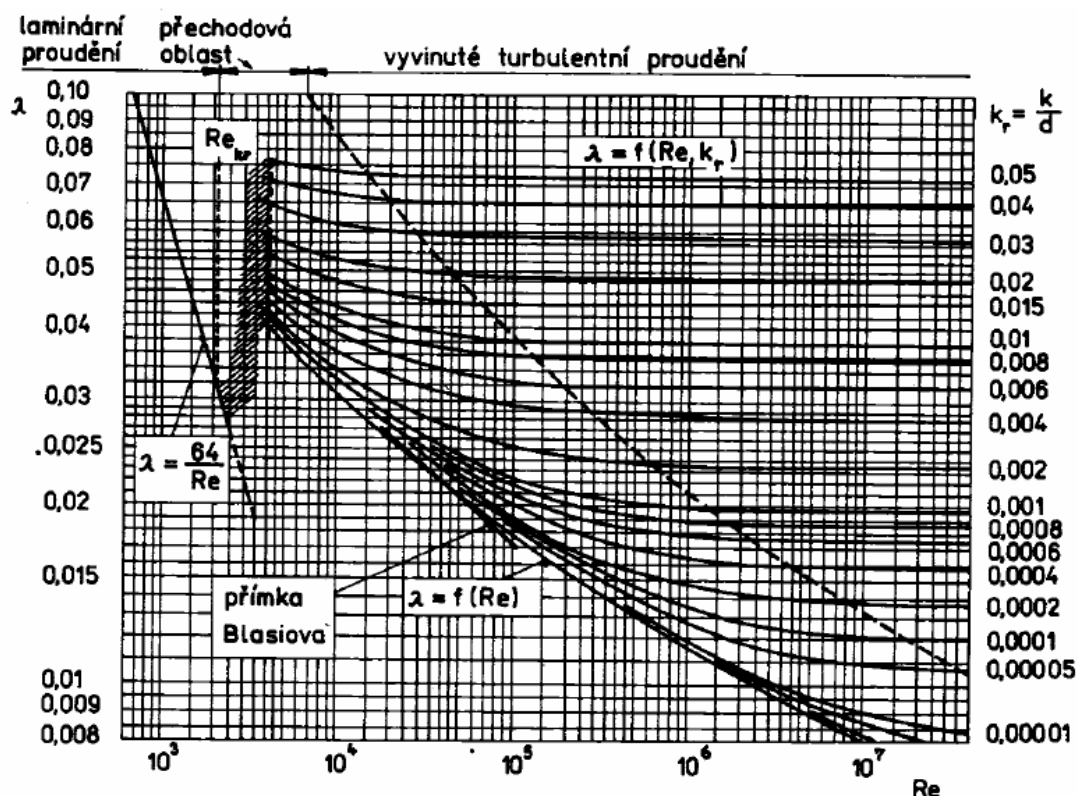
T. j.:

1. Přechodový odpor mezi vrstvami je výrazně větší než přechodový odpor mezi hlavicí a textilií
2. $R_{MV} < R_{MVII}$

Zvlněním povrchu dochází ke zmenšení výparného odporu, v důsledku Reynoldsovy a Chilton-Colburnovy analogie:

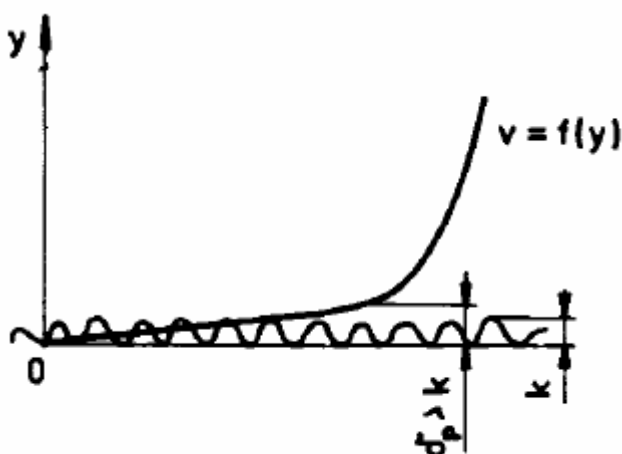
$$\alpha \left[W / m^2 K \right] \approx \lambda \quad (28)$$

Kde součinitel přestupu tepla α je přímo úměrný součiniteli třecích ztrát λ . S rostoucí poměrnou drsností k_r narůstá tlaková ztráta.[7]



Obr. 22: Diagram $\lambda = f(Re, K_r)$ [6]

Z diagramu na obr. č. 22 je patrné, že pro turbulentní a přechodové proudění se křivky různých drsností přibližují při nižších hodnotách Reynoldsova čísla k Blasiově přímce. Reynoldsovo číslo pro PERMETEST, který má obdélníkové potrubí, je vypočítán v kapitole 1.3.2 a jeho hodnota je přibližně $Re = 5780$. Z diagramu na obr. 22 je zřejmé, že Reynoldsovo číslo se nachází v přechodové oblasti pro náš případ a proto nelze s jistotou určit, zda drsnost ovlivňuje měření.[6]



Obr 23: Laminární podvrstva [6]

U turbulentního proudění se vytvoří laminární podvrstva, která přikrývá nerovnosti povrchu, viz obr. 23. Jestliže laminární podvrstva zakryje povrchovou strukturu, nemá vliv na ztrátu třením a v potrubí jsou odpory třením stejné jako v hladkém. Můžeme tedy říci, že vlivem nerovnosti struktury dochází k rozrušení laminární vrstvy, narůstají tlakové ztráty a vzrůstá přestup tepla. Výsledné výparné odpory drsných vzorků při dvojitém měření se zvyšují.[6]

ZÁVĚR

Byl zkoumán vliv struktury na měření výparného odporu na přístroji PERMETEST. U 6 - ti vzorků byla stanovena povrchová charakteristika na přístroji KES. Grafy povrchové charakteristiky jsou přiloženy k práci v příloze číslo 2. Z důvodu poměrně hladkých polypropylenových vzorků byl přidán jeden profilovaný vzorek bavlněný 1-3.

Bylo provedeno měření dle normy ISO 11092, kde se nejprve jako referenční vrstva změřil hladký povrch hlavice a poté povrch s textilií. Dvojité měření bylo poté realizováno dle postupu popsáního v diplomové práci Ing. Kocurové (roz. Letkové), kde jako referenční vrstvu změříme jednu vrstvu textilie a ve fázi hlavního měření změříme dvě vrstvy textilie. Následně jako u měření dle ISO 11092 dojde k odečtení referenční vrstvy. Každý vzorek byl změřen 3x. Pro hladké vzorky můžeme vyhodnotit normu ISO 11092 jako dostatečně přesnou. Dvojité měření vykazovalo vzrůst výparného odporu u strukturovaných vzorků. Zde zřejmě došlo k rozrušení laminární vrstvy, nárůstu tlakové ztráty a vzrůstu přestupu tepla, což zapříčinilo i vzrůst výparného odporu.

To může být způsobeno částečně i malým Reynoldsovým číslem, vypočteného pro PERMETEST v kapitole 1.3.2. Reynoldsovo číslo pro náš případ je zhruba 5780, které dle diagramu na obr. 22 leží v přechodové oblasti, kde nelze s jistotou určit, jak drsnost ovlivňuje měření. Bylo by potřeba provést více měření při různých větších rychlostech, aby se hodnota Reynoldsova čísla nepohybovala v přechodové oblasti a dalo by se s jistotou určit, jak má Reynoldsovo číslo vliv na součinitele tření a drsnost.

Výsledky obsažené v této bakalářské práci naznačují, že norma ISO 11092 je do jisté míry nevyhovující pro strukturované vzorky. Aby mohlo být diferenční dvojité měření uznáno za důvěryhodnou metodu, bylo by však potřeba přesně proměřit mnoho dalších vzorků s různým povrchem, protože toto měření je náročné na dokonalost měřicího postupu a je citlivé na větší náhlé výkyvy teploty a vlhkosti vzduchu v laboratoři, které měřicí systém použitého přístroje nestačí včas vykompenzovat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] HES, L.; SLUKA, P., *Úvod do komfortu textilií*. Liberec : [s.n.], 2005. 107 s.
- [2] FLÉGLOVÁ, Z., Omak plošných textilií. *KES* [online]. 2009, 1, [cit. 2010-04-27]. Dostupný z WWW: <<https://skripta.ft.tul.cz/database/data/2008-07-17/13-28-02.pdf>>
- [3] ISO 11092 (ČSN EN 31092). *Textilie - zjišťování fyziologických vlastností - měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou)*. Praha : český normalizační institut, 1993. 16 s.
- [4] KOCUROVÁ, M. *Tepelný komfort sportovních oděvů s uvažováním vlivu potu*. Liberec, 2009. 76 s. Diplomová práce. Technická univerzita Liberec, Textilní fakulta.
- [5] SLUKA, P. *Výparný a hydraulický odpor vícevrstevných textilií*. Liberec, 2009. 98 s. Diplomová práce. Technická univerzita Liberec, Textilní fakulta.
- [6] NOSKIEVIČ, J., et al. *Mechanika tekutin*. první. Praha : SNTL, 1987. 356 s.
- [7] Šesták, J., Rieger, F. *Přenos hybnosti, tepla a hmoty*. Skriptum. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 1998. 299 s. ISBN 80-01-01715-X.
- [8] *VÚTS Liberec* [online]. 2009 [cit. 2010-04-27]. Výzkumné centrum textil II. Dostupné z WWW: <http://vct.tul.cz/prac_fyz_text1.php>

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha 1: Hodnoty měření z přístroje PERMETEST

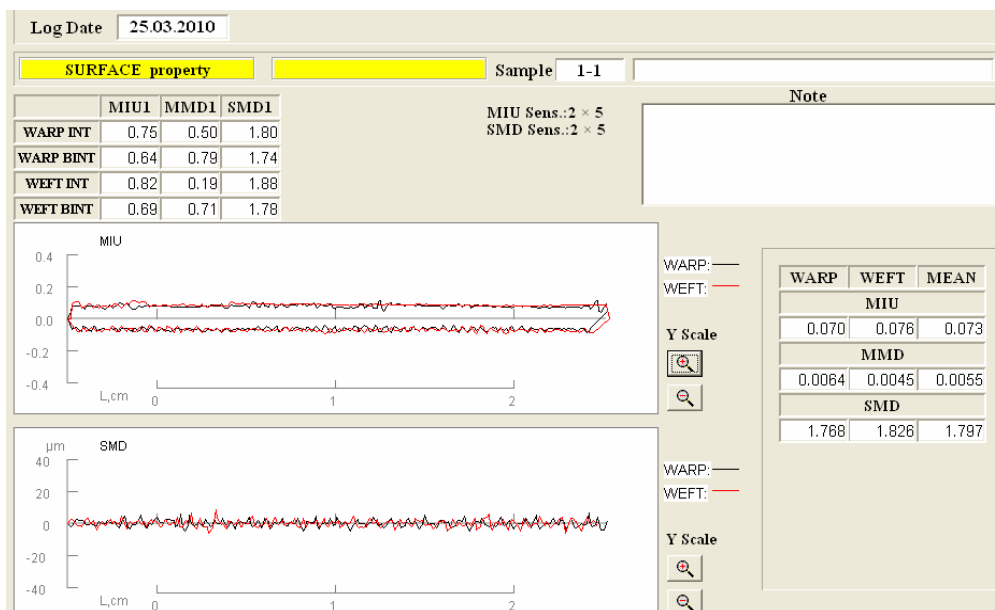
Příloha 2: Grafy povrchových vlastností naměřených na přístroji KES

Příloha 1: Hodnoty měření z přístroje PERMETEST

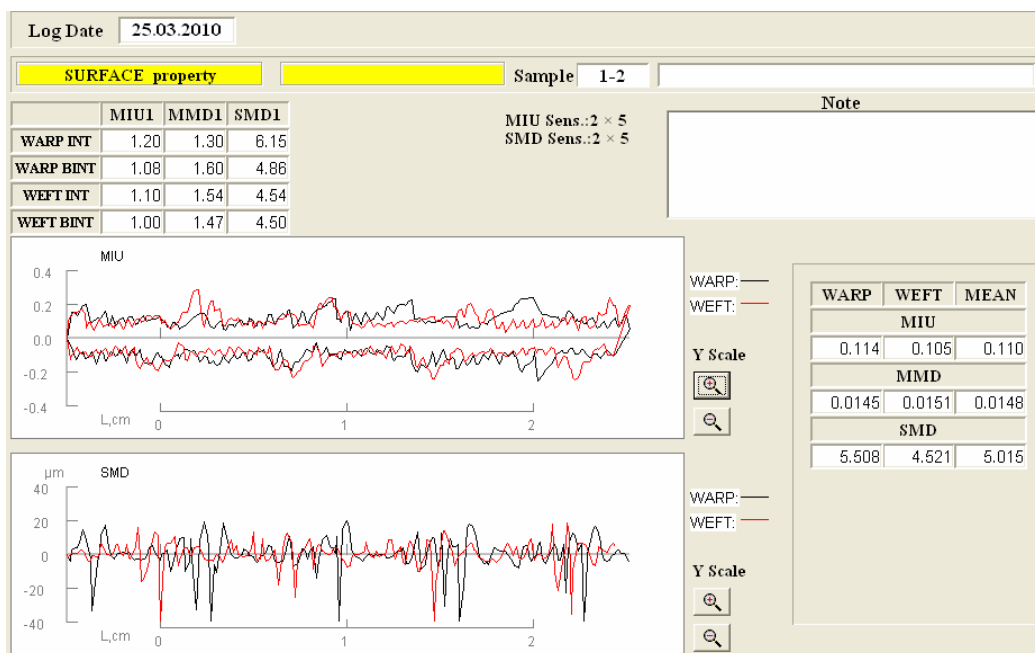
Tabulka 1: Naměřené a vyhodnocené hodnoty

Vzorek	počet vrstev	počet měření	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	variační koeficient [%]
1 1	1	3	4,4	0,208	0,167	4,7
	2	3	4,1	0,191	0,155	4,1
1 2	1	3	5,8	0,232	0,189	4
	2	3	6,2	0,131	0,107	2,1
1 3	1	3	3,7	0,134	0,109	3
	2	3	4,1	0,132	0,108	2,6
2 1	1	3	5,4	0,132	0,107	2,7
	2	3	5,3	0,245	0,2	4,4
2 2	1	3	5,0	0,12	0,098	2,4
	2	3	5,3	0,075	0,061	1,4
3 1	1	3	3,8	0,136	0,111	2,6
	2	3	3,3	0,138	0,113	3,2
3 2	1	3	4,3	0,131	0,107	3
	2	3	4,0	0,035	0,025	5,8

Příloha 2: Grafy povrchových vlastností naměřených na přístroji KES



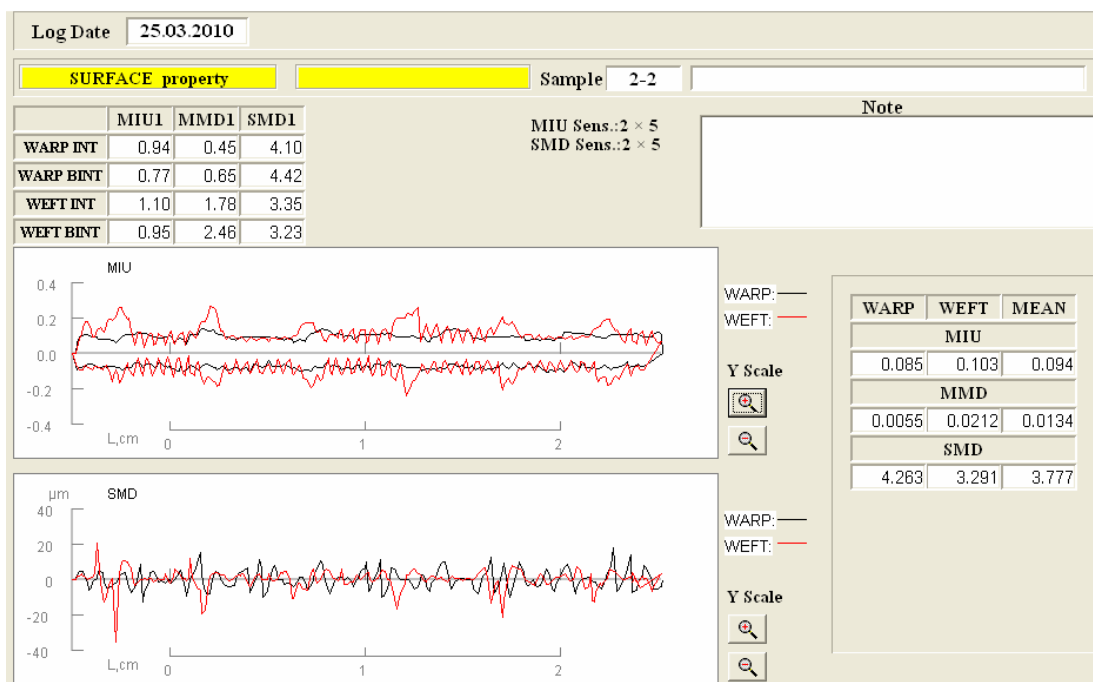
Obr. 24: Povrchové vlastnosti vzorku 1-1



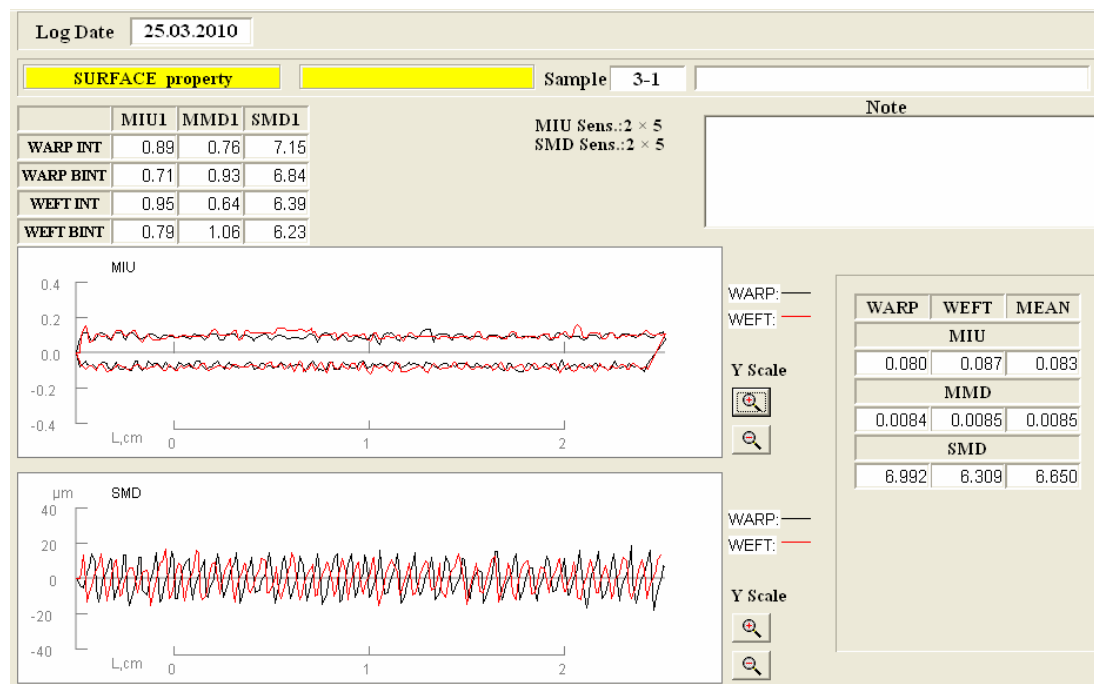
Obr. 25: Povrchové vlastnosti vzorku 1-2



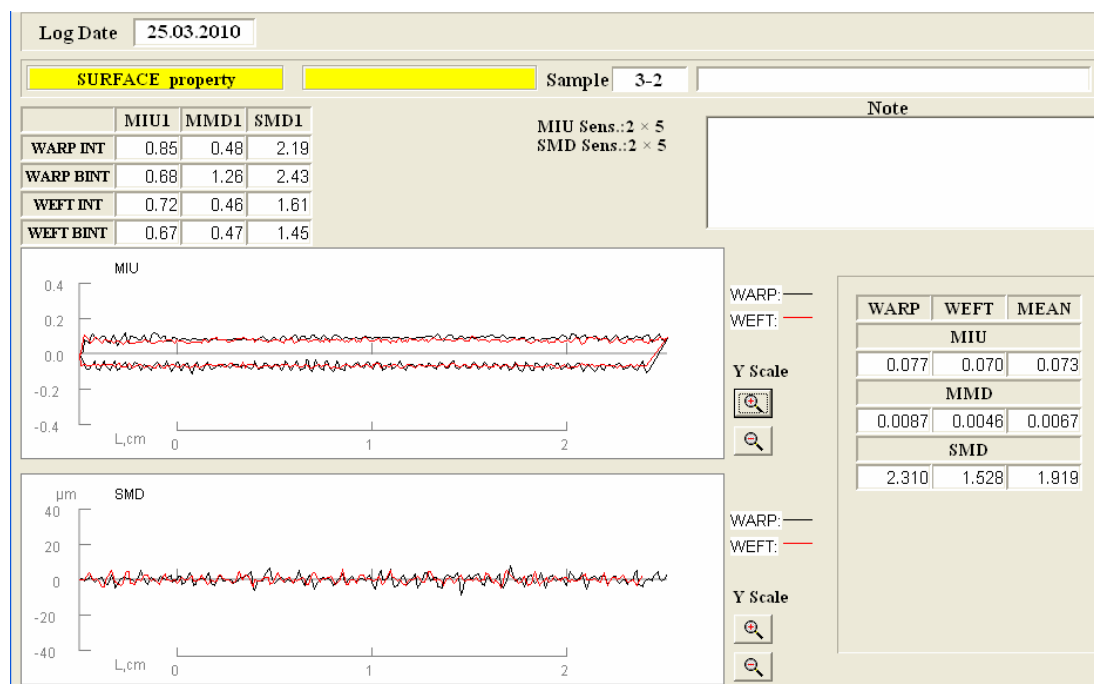
Obr. 26: Povrchové vlastnosti vzorku 2-1



Obr. 27: Povrchové vlastnosti vzorku 2-2



Obr. 28: Povrchové vlastnosti vzorku 3-1



Obr. 29: Povrchové vlastnosti vzorku 3-2